

УДК 631.417.2:641.445.24

## АГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ)

В.И. ТИТОВА<sup>1</sup>, З.С. АРТЕМЬЕВА<sup>2</sup>, А.М. АРХАНГЕЛЬСКАЯ<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,  
<sup>2</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Исследованы особенности динамики органического вещества (ОВ) светло-серой лесной легкосуглинистой почвы в условиях длительного опыта. Показано, что длительное применение удобрений способствует сохранению положительного баланса гумуса. Наибольший положительный эффект выявлен в варианте с систематическим внесением подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС): увеличивается содержание гумуса, улучшаются его качественные показатели (уменьшается подвижность гумусовых кислот, возрастает степень гумификации ОВ, увеличивается величина отношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$ , исходный фульватно-гуматный тип гумуса меняется на гуматный).*

*Ключевые слова:* органическое вещество почвы, гумусовые кислоты, фульвокислоты, органическое удобрение, минеральное удобрение, длительный полевой метод.

Знание параметров, критериев и способов оптимизации гумусового состояния пахотных почв определяется потребностью в воспроизводстве их плодородия и сохранении необходимого экологического потенциала, обеспечивающего устойчивость биосферы [8].

Применение удобрений вызывает значительные изменения в круговороте углерода в агроценозах, направленность которых зависит от вида и доз применяемых удобрений, косвенного влияния удобрений на физико-химические и биологические свойства почв, интенсивность минерализации и гумификации органического вещества. Под влиянием удобрений изменяется продуктивность агроценозов, соотношение отчуждаемой биомассы и пожнивно-корневых остатков, в результате чего в почве возникают новые стационарные состояния режима гумуса, соответствующие ежегодному поступлению органического вещества с растительными остатками и органическими удобрениями и его минерализации [14, 22]. Стабилизация содержания гумуса в почвах длительных опытов с удобрениями наблюдается даже в вариантах под монокультурой без внесения органических и минеральных удобрений [10].

Общеизвестно, что с содержанием органического вещества связаны все основные свойства почв, в том числе агрономически важные, определяющие уровень урожайности сельскохозяйственных культур, что обусловлено огромной ролью, которую играет органическое вещество в процессах почвообразования.

В связи с этим изучение количественных и качественных параметров преобразования органического вещества (ОВ) почвы представляется весьма актуальным. Этому во многом способствует системное исследование экспериментальной информации, уникальную ценность которой представляют наблюдения в длительных полевых опытах.

Целью данной работы являлось изучение влияния длительного применения минеральных и органических удобрений на параметры органического вещества светло-серой лесной легкосуглинистой почвы.

### Методика исследования

Исследования проводились на базе длительного стационарного полевого опыта по модифицированной схеме Жоржа Билля, заложенного в 1964 г. на светло-серой лесной легкосуглинистой почве в учебно-опытном хозяйстве «Новинки» Богородского района Нижегородской области. Повторность — четырехкратная, с увеличенным числом контролей. На год закладки полевого опыта площадь делянки составляла 250 м<sup>2</sup>. В 1972 г. половина каждой делянки опыта была известкована, в результате чего площадь делянок сократилась в 2 раза (до 125 м<sup>2</sup>). Чередование культур в зернотравяном севообороте включало озимую пшеницу, картофель, ячмень и 2 года многолетних трав. В отдельные годы вместо ячменя высевали овес, вместо пшеницы — рожь, а при выпадении и плохой перезимовке трав — викоовсяную или гороховую смесь. Принцип расположения делянок — стандартный с увеличенным числом контроля.

Объект исследования — светло-серая лесная почва легкосуглинистого гранулометрического состава. На момент закладки опыта почва характеризовалась рН 6,0 (по Алямовскому), очень низким содержанием подвижных форм фосфора и калия (12,5 и 12,6 мг/100 г почвы соответственно), низкой степенью гумусированности (1,2%). Сумма поглощенных оснований в верхнем горизонте составляла 13,5 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями достигала 83%.

В качестве органических удобрений использовали подстильный полупрепревший навоз крупного рогатого скота (КРС), минеральные удобрения вносили в виде аммиачной селитры, фосфоритной муки и хлористого калия. Насыщенность удобрениями составляет 8 т/га навоза КРС и по 60 кг/га NPK в среднем за 45 лет. Известкование проводилось доломитовой мукой в дозе по 1 г.к. один раз в 5-7 лет.

Для данного исследования образцы почв отбирались со следующих вариантов: контроль без удобрений, N, NP, NPK, навоз + NPK и навоз. Варианты P и PK исключены из программы исследований в связи с тем, что фосфорные и калийные удобрения влияют главным образом на развитие растений и качество полученной продукции, в то время как азотные и органические удобрения, помимо этого, способны регулировать процессы гумификации и дегумификации путем обогащения пахотного слоя азотом, гумифицированным, а также полуразложившимся органическим веществом.

Общий углерод определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (извлечение из ГОСТа 262113-91); групповой и фракционный состав — методом Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой [19]; азот определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 26107-84).

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа [13], при помощи программного пакета Microsoft Office Excel 2003 г.

## Результаты и их обсуждение

*Влияние удобрений на содержание гумуса в светло-серого лесной почве.* Гумусовое состояние почв характеризуется большим набором показателей, отражающих уровень накопления гумуса в почве, его качественный состав, образование органических соединений, миграционную способность гумусовых веществ и многие другие. Одним из важнейших показателей является содержание гумуса в пахотном горизонте. С этим показателем связаны практически все свойства почвы, оказывающие влияние на ее плодородие. Из литературы известно, что в процессе длительного сельскохозяйственного использования содержание органического вещества в почвах достигает равновесного состояния [2, 9, 15]. Проведенные исследования показали, что внесение одних минеральных удобрений (N, NP и NPK) позволило сохранить содержание гумуса на уровне удобренного контроля (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание органического вещества в вариантах длительного опыта на светло-серой лесной почве**

Вариант	C <sub>общ</sub> , %	Гумус, %	Отклонение от контроля		Отклонение от неизвесткованного фона	
			%	относ. %	%	относ. %
<i>Неизвесткованный фон</i>						
Контроль	0,83	1,43	—	—	—	—
N	0,85	1,46	0,03	2	—	—
NP	0,86	1,49	0,06	4	—	—
NPK	0,90	1,55	0,12	8	—	—
Навоз	1,03	1,78	0,35	24	—	—
Навоз + NPK	0,95	1,63	0,20	14	—	—
<i>Известкованный фон</i>						
Контроль	0,85	1,46	—	—	0,03	2
N	0,87	1,50	0,04	3	0,04	3
NP	0,89	1,54	0,08	5	0,05	3
NPK	0,91	1,57	0,11	8	0,02	1
Навоз	1,05	1,81	0,35	24	0,03	2
Навоз + NPK	0,97	1,67	0,20	14	0,04	2
НСП <sub>05</sub>		0,10***	0,05*		0,03**	

**Примечание:** \* для оценки существенности разности средних по удобрениям, \*\* — известны, \*\*\* — частных различий.

Выявлено, что наиболее значительное повышение содержания гумуса на известкованном фоне наблюдалось в варианте с применением навоза (табл. 1, рис. 1). Это согласуется с многочисленными литературными данными [1, 7, 16, 17, 21].

Общеизвестно, что увеличение количества органического вещества, в том числе за счет внесения органических удобрений, способствует улучшению структуры почвы, водно-воздушного режима, физико-химических свойств почвы, а также увеличивает микробиологическую активность почвы [6, 18].

Выявлено, что систематическое внесение органических удобрений способствовало повышению значения показателя на 0,35% относительно контроля (табл. 1, рис. 1).

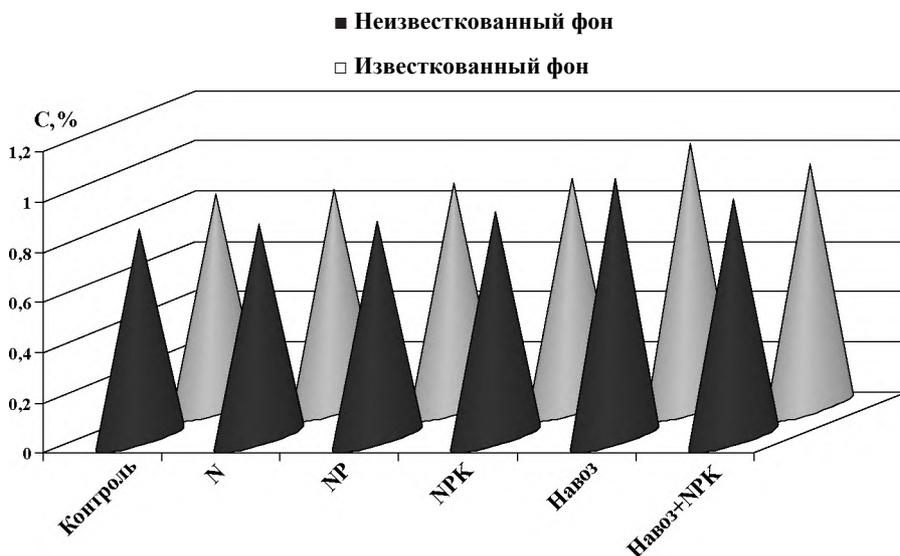


Рис. 1. Влияние удобрений на содержание углерода светло-серой лесной почвы

Это обусловлено тем, что состав подстилочного навоза КРС в значительной степени представлен водорастворимыми и лабильными гумусовыми соединениями — промежуточными продуктами трансформации органического вещества подстилочного навоза (поживно-корневыми остатками), которые выполняют важнейшую роль в образовании органического вещества почвы.

Согласно современным представлениям, водорастворимые и лабильные гумусовые вещества определяют эффективное плодородие почв, являются наиболее доступными источниками питания растений, почвенных микроорганизмов, повышают устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям произрастания. Поэтому внесение навоза в почву позволяет не только обеспечивать растения легкодоступными питательными веществами, но и одновременно способствует реализации важнейшего процесса — воспроизводства органического вещества почвы.

Поступление в почву свежих растительных остатков в достаточном количестве — неперенное и важное условие сбалансированности процессов минерализации-гумификации органического вещества в почве в частности и устойчивости почвы к неблагоприятным изменениям экологической обстановки — в целом [2]. В условиях агрогеоценоза, при постоянном отчуждении большей массы растительного материала за пределы агроэкосистемы с урожаем, поступление детрита в почву в составе подстилочного навоза КРС приобретает особенно важное значение для воспроизводства ОВ почвы.

Добавление навоза к полному минеральному удобрению, аналогично варианту с внесением навоза, способствовало повышению накопления гумуса в почве, однако в меньшей степени: на 0,20% относительно контроля против 0,35% в варианте с навозом (табл. 1, рис. 1). И только на варианте с длительным использованием односторонних азотных удобрений не наблюдалось увеличения содержания гумуса, так как разница в определениях составила лишь 0,03% (она меньше НСР<sub>05</sub>).

Известкование, проводимое на данных почвах, способствовало большему накоплению гумуса во всех вариантах относительно неизвесткованного фона (за исключением варианта NPK), что обусловлено улучшением условий для мезо- и микробиологической активности в почве (снижением величины рН, гидролитической кислотности), что положительно отражается на интенсивности процессов гумусообразования (табл. 1, рис. 1).

Совместное применение известковых материалов с удобрениями на почвах вариантов N, NP и навоз + NPK достоверно повышает содержание гумуса (табл. 1, рис. 1). В контрольном варианте и в варианте с систематическим внесением навоза известкование почвы способствует увеличению содержания гумуса в пределах ошибки. Внесение извести на вариантах NP, N и навоз + NPK способствовало наибольшему увеличению содержания гумуса: на 0,05 и 0,04% соответственно относительно неизвесткованного фона.

Увеличение содержания ОВ в почве при внесении минеральных удобрений сопровождается увеличением и запасов гумуса в почвах — еще одним важным показателем гумусового состояния почвы, позволяющим оценивать степень обеспеченности почвы гумусом и темпы гумусонакопления (табл. 2).

Выявлено, что применение органических удобрений, в частности навоза, как при совместном использовании с известковыми удобрениями, так и без известкования, способствует наиболее значительному накоплению гумуса в пахотном слое (табл. 2). Совместное применение навоза с известковыми удобрениями повышает величину запасов гумуса на 26% по сравнению с таковой контрольного варианта.

Полное минеральное удобрение и добавление навоза к минеральным удобрениям на фоне известкования повышают величину запасов гумуса на 8 и 14% соответственно (табл. 2).

В целом установлено, что применение навоза способствует повышению содержания гумуса в почве в сравнении с контрольным вариантом в среднем на 25 и 26% на неизвесткованном и известкованном фонах соответственно.

Еще одним важным показателем гумусового состояния почвы является степень обогащенности гумуса азотом (С:N). В целом все варианты исследуемой почвы характеризуются одинаково высоким обогащением гумуса азотом во всех вариантах длительного опыта (табл. 3).

Внесение односторонних азотных удобрений сужает соотношение С:N с 14,06 до 13,44 и с 13,88 до 13,59 на неизвесткованном и известкованном фонах соответственно (табл. 3).

Таблица 2

**Влияние удобрений на запасы гумуса в пахотном слое (0-28 см)  
светло-серой лесной почвы**

Вариант	Запасы гумуса, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
<i>Неизвесткованный фон</i>			
Контроль	52,6	—	—
N	53,7	1,1	2
NP	54,8	2,2	4
NPK	57,2	4,6	9
Навоз	65,7	13,1	25
Навоз + NPK	60,2	7,6	14
<i>Известкованный фон</i>			
Контроль	53,9	—	—
N	55,4	1,5	3
NP	56,8	2,9	5
NPK	58,1	4,2	8
Навоз	67,8	13,9	26
Навоз + NPK	61,6	7,7	14

Таблица 3

**Влияние длительного применения удобрений на соотношение углерода  
к азоту (C:N) в светло-серой лесной почве**

Известкование	Контроль	N	NP	NPK	Навоз	Навоз + NPK
Без известкования	14,06	13,44	13,94	14,74	17,21	15,25
По извести	13,88	13,59	13,96	13,80	16,93	15,62

Аналогичная тенденция наблюдается и на известкованном фоне, где максимальное увеличение содержания валового азота сопровождается сужением соотношения C:N с 14,74 до 13,80 (табл. 3).

Органическая и органоминеральная система удобрений способствуют расширению соотношения C:N до 15,25-17,21 — на не известкованном и до 15,62-16,93 — на известкованном фоне, что свидетельствует о большем обогащении почвы этих

вариантов азотом, а следовательно, и об улучшении питательного режима возделываемой культуры в отношении данного биогенного элемента. Варианты с систематическим внесением NP позволяют сохранить соотношение на уровне контроля (табл. 3).

*Влияние длительного применения удобрений на фракционно-групповой состав гумуса.* Серые лесные почвы, функционирующие в неустойчивых гидротермических условиях, обладают повышенной отзывчивостью на антропогенные воздействия. Их длительное сельскохозяйственное использование в различных регионах России сопровождалось не только ухудшением гумусового состояния, но одновременно деградацией физических свойств, снижением водоустойчивости, что усилило их эрозию и привело к снижению плодородия [20].

В интенсивном земледелии органическое вещество как основной носитель плодородия и трансформационной способности почвы наряду с количественными превращениями испытывает и значительные качественные изменения. Собственно гумусовые вещества по сравнению с отмершими растительными остатками и соединениями неспецифической природы химически более стабильны и, соответственно, более устойчивы к микробиологическому разложению. Тем не менее, и эти вещества претерпевают заметные изменения, масштабы которых зависят от интенсивности агротехнических мероприятий.

Трансформация разных по качественному составу, дозам и характеру поступления органических веществ отражается на содержании и фракционном составе гумуса исследованной серой лесной почвы. Анализ фракционного состава гумуса представлен в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

**Содержание углерода во фракциях гумуса пахотного слоя (0-28 см)  
светло-серой лесной почвы**

Вариант	Гуминовые кислоты			Фульвокислоты				НО
	1	2	3	1а	1	2	3	
<i>Неизвесткованный фон</i>								
Контроль	0,071* 8,5**	0,193 23,3	0,055 6,6	0,061 7,3	0,105 12,6	0,113 13,6	0,085 10,2	17,9
N	0,067 7,9	0,228 26,9	0,067 7,9	0,052 6,1	0,099 11,7	0,119 14,0	0,075 8,8	16,7
NP	0,066 7,6	0,239 27,6	0,070 8,1	0,047 5,4	0,099 11,4	0,123 14,2	0,075 8,7	17,0
NPK	0,065 7,2	0,252 28,0	0,076 8,4	0,044 4,9	0,100 11,1	0,129 14,3	0,077 8,6	17,5
Навоз	0,067 6,5	0,298 28,9	0,093 9,0	0,042 4,1	0,106 10,3	0,156 15,1	0,077 7,5	18,6
Навоз + NPK	0,064 6,8	0,269 28,4	0,083 8,8	0,044 4,7	0,099 10,5	0,136 14,4	0,079 8,4	18,0

Вариант	Гуминовые кислоты			Фульво кислоты				НО
	1	2	3	1а	1	2	3	
<i>Известкованный фон</i>								
Контроль	0,071 8,4	0,202 23,8	0,058 6,8	0,059 7,0	0,104 12,3	0,116 13,7	0,085 10,0	18,0
N	0,068 7,8	0,238 27,3	0,070 8,1	0,050 5,8	0,100 11,5	0,123 14,1	0,076 8,7	16,7
NP	0,067 7,5	0,254 28,4	0,075 8,4	0,047 5,3	0,101 11,3	0,128 14,3	0,077 8,6	16,2
NPK	0,064 7,0	0,262 28,8	0,080 8,8	0,043 4,7	0,099 10,9	0,131 14,4	0,077 8,5	16,9
Навоз	0,066 6,3	0,310 29,5	0,098 9,3	0,039 3,7	0,106 10,1	0,160 15,2	0,082 7,8	18,1
Навоз + NPK	0,064 6,6	0,282 29,1	0,087 9,0	0,043 4,4	0,101 10,4	0,140 14,5	0,079 8,2	17,8

**Примечание:** \* — % на массу почвы; " — % от  $C_{\text{общ}}$ ; НО — негидролизуемый остаток, % от  $C_{\text{общ}}$ .

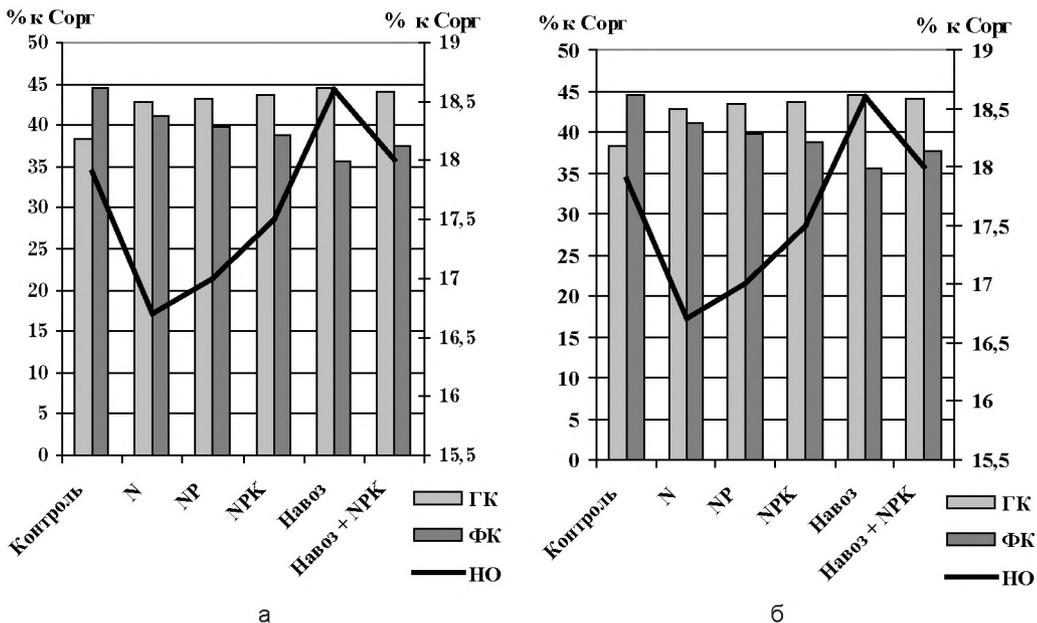
Установлено, что систематическое внесение удобрений значительно влияет на содержание фракций гуминовых и фульвокислот в составе гумуса (табл. 4).

Выявлено, что подвижность гумуса при внесении удобрений снижается: величина содержания свободных гуминовых кислот уменьшается с 8,5 до 6,5-7,9% от  $C_{\text{общ}}$  и с 8,4 до 6,3-7,8% от  $C_{\text{общ}}$  на неизвесткованном и известкованном фонах соответственно (табл. 4, рис. 2).

Наименее подвижен гумус в вариантах с органической и органоминеральной системами удобрений: величина содержания углерода первой фракции гуминовых кислот (ГК1) составляет 6,3-6,5 и 6,6-6,8% от  $C_{\text{общ}}$  соответственно, что весьма закономерно (табл. 4, рис. 2). Сравнительно большее количество углерода фракции ГК1 в вариантах с внесением минеральных удобрений возможно за счет перехода в «свободное» состояние части гуматов кальция (ГК2). По-видимому, это обусловлено подкислением среды при внесении физиологически кислых удобрений и снижением содержания  $Ca^{+2}$  на неизвесткованном фоне.

Содержание свободных гуминовых кислот на известкованном фоне ниже относительно вариантов неизвесткованного фона, что обусловлено связыванием  $Ca^{+2}$  и переводом их во фракцию гуматов кальция. Увеличение суммы гуминовых кислот происходит за счет увеличения именно ГК2, связанной с кальцием и содержащей агрономически наиболее ценные ГК.

Накопление гуматов кальция наблюдается во всех вариантах, однако наибольшее накопление данной фракции наблюдается в вариантах с систематическим внесением навоза и добавлением навоза к полному минеральному удобрению как на неизвесткованном, так и известкованном фонах, что лишний раз подтверждает положительное влияние на почвы внесения навоза в качестве органического удобрения.



**Рис. 2.** Влияние длительного применения удобрений на содержание фракций гумусовых кислот: а) неизвесткованный фон; б) известкованный фон

Тенденция изменения третьей фракции гуминовых кислот аналогична второй, что, вероятно, объясняется изменением содержания илистой фракции при длительном внесении удобрений.

При оценке процентного отношения углерода отдельных фракций гуминовых кислот к сумме ГК установлено, что все варианты характеризуются очень низким содержанием первой и третьей фракций и высоким — второй, т.е. увеличивается величина содержания наиболее важных в определении потенциального плодородия почв гуминовых кислот, связанных с кальцием и полуторными окислами (ГК2, ГК3), и, соответственно, повышается степень закрепленности гумуса.

Качество гумуса оценивается как доля гумифицированного материала (точнее — гуминовых кислот) в составе органического вещества. Согласно классификации Гришиной и Орлова (1978) [11], почвы всех вариантов, как по неизвесткованному, так и по известкованному фону, исключая контрольные варианты, характеризуются очень высокой степенью гумификации органического вещества (>40) (табл. 4), т.е. система удобрений положительно сказывается на степени гумификации ОВ.

Длительное внесение удобрений способствует изменению условий гумификации, что характеризуется не только увеличением фракций гуминовых кислот, но и снижением содержания фракций фульвокислот.

Фракционный состав фульвокислот также подвергается значительным изменениям. Отмечается хорошо выраженная тенденция снижения содержания наиболее подвижной, агрессивной фракции фульвокислот (1а) при внесении удобрений. Наиболее выражено снижение подвижности гумуса в вариантах с систематическим внесением навоза — 4,1 и 3,7% от  $C_{\text{общ}}$  на неизвесткованном и известкованном фонах

соответственно. При удобрении также наблюдается снижение третьей фракции фульвокислот, это сопровождается увеличением величины содержания второй фракции, связанной с  $Ca^{+2}$  (табл. 4, рис. 2).

В настоящее время по поводу изменения содержания нерастворимого остатка в гумусе серых лесных почв в процессе их окультуривания единого мнения не существует. Так, отмечается увеличение содержания нерастворимого остатка в окультуренных почвах сравнительно с целинными аналогами [3]. В то же время исследования других авторов свидетельствуют о снижении содержания негидролизуемого остатка гумуса под влиянием окультуривания [5].

В наших исследованиях наблюдается снижение содержания нерастворимого остатка в вариантах с минеральными удобрениями относительно контрольного варианта, что, по-видимому, связано с недостаточным количеством пожнивно-корневых остатков, поступающих в почву, а увеличение суммы гуминовых кислот происходит за счет гумификации детрита, входящего в нерастворимый остаток гумуса. Органическая и органоминеральная системы удобрений способствуют сохранению и незначительному накоплению нерастворимого остатка в сравнении с контролем. Возможно, это обусловлено тем, что вносимые дозы навоза усиливают развитие аммонифицирующей миклофлоры, способствующей разложению органических азотсодержащих соединений.

Еще один важный показатель гумусового состояния почв — отношение  $C_{ГК} : C_{ФК}$ . В исследованных почвах было выявлено увеличение величины содержания гуминовых кислот (за счет фракции, связанной с кальцием) с одновременным снижением величины содержания фульвокислот, что сопровождалось и увеличением величины отношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$  при удобрении почвы (табл. 5). Это согласуется с многочисленными литературными данными об увеличении в составе гумуса суммы гуминовых кислот и уменьшении суммы фульвокислот в процессе сельскохозяйственного использования серых лесных почв и увеличении величины отношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$  [3,4, 12].

Учитывая величину соотношения  $C_{ГК} : C_{ФК}$ , тип гумуса светло-серых лесных почв можно охарактеризовать как фульватно-гуматный, за исключением варианта с длительным внесением навоза, который относится к гуматному.

Известкование почвы вариантов с органической и органоминеральной системами удобрения способствует увеличению в составе гумуса содержания гуминовых кислот при одновременном снижении фульвокислот, это сопровождается повышением величины отношения  $C_{ГК}/C_{ФК}$ , и тип гумуса из фульватно-гуматного изменяется на гуматный (табл. 5).

Согласно классификации Гришиной и Орлова (1978), степень гумификации светло-серой лесной почвы очень высокая (табл. 5).

Таким образом, длительное внесение удобрений на светло-серых лесных почвах сопровождается не только накоплением гумуса, но и положительными изменениями его качественного состава в сторону увеличения суммы гуминовых кислот (за счет фракции, связанной с кальцием, содержащей агрономически наиболее ценные ГК), снижением содержания фульвокислот, повышается степень закрепленности гумуса, увеличивается отношение  $C_{ГК}/C_{ФК}$ . Увеличение в составе гумуса содержания гуминовых кислот свидетельствует о возрастании степени гумификации органического вещества почвы. Повышение относительной доли гуминовых кислот в почвах при применении навоза, вероятно, обусловлено внесением в составе навоза значительного количества неспецифических органических веществ — предшественников синтеза гуминовых кислот.

**Влияние длительного применения удобрений на содержание гумуса  
и фракций гумусовых кислот**

Вариант	Гуминовые кислоты		Фульвокислоты		$C_{ГК}/C_{ФК}$
	% на массу почвы	% от $C_{общ}$	% на массу почвы	% от $C_{общ}$	
<i>Неизвесткованный фон</i>					
Контроль	0,319	38,4	0,362	43,7	0,88
N	0,362	42,7	0,344	40,6	1,05
NP	0,374	43,3	0,343	39,7	1,09
NPK	0,392	43,6	0,350	38,9	1,12
Навоз	0,458	44,4	0,382	37,0	1,20
Навоз + NPK	0,416	44,0	0,359	38,0	1,16
<i>Известкованный фон</i>					
Контроль	0,330	39,0	0,364	43,0	0,91
N	0,376	43,2	0,349	40,1	1,08
NP	0,396	44,3	0,353	39,5	1,12
NPK	0,406	44,6	0,351	38,5	1,16
Навоз	0,473	45,1	0,386	36,8	1,23
Навоз + NPK	0,433	44,7	0,363	37,5	1,19

### Заключение

Изучение многолетней динамики органического вещества светло-серой лесной почвы показало, что длительное применение удобрений способствует сохранению положительного баланса гумуса. Наибольшему повышению содержания гумуса способствует систематическое внесение навоза: на 0,35% (24% по сравнению с исходным) на известкованном и известкованном фонах по отношению с контрольным вариантом.

Это сопровождается положительными изменениями и в качественном составе гумуса почвы, проявляющимися в уменьшении подвижности гумусовых кислот, возрастании степени гумификации органического вещества почвы до максимальной величины ( $>40$ ), увеличении величины отношения  $C_{ГК}:C_{ФК}$ . Исходный фульватно-гуматный тип гумуса в варианте с длительным внесением навоза изменяется на гуматный.

Все эти положительные тенденции, особенно в варианте с навозом, обусловлены в первую очередь внесением в составе навоза значительного количества неспецифических органических веществ (поживно-корневых остатков) — пред-

шественников синтеза гуминовых кислот, которые выполняют важную роль в образовании органического вещества почвы. Поэтому внесение навоза в почву позволяет не только обеспечивать растения легкодоступными питательными веществами, но и одновременно способствует реализации важнейшего процесса — воспроизводства органического вещества почвы.

Более того, поступление в почву свежих растительных остатков в достаточном количестве — неперемное и важнейшее условие сбалансированности процессов минерализации-гумификации органического вещества в почве в частности и устойчивости почвы к неблагоприятным изменениям экологической обстановки в целом [2].

### Библиографический список

- Х.Авад Р.А.* Гумусное состояние выщелоченного чернозема при длительном применении различных систем удобрений в условиях Центрального Черноземного района: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2008. 21 с.
2. *Артемова З.С.* Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. М.: ГЕОС, 2010. 240 с.
3. *Андроников В.Л.* Об изменении свойств серых лесных почв при окультуривании // В кн. «Изменение почв при окультуривании, их классификация и диагностика». М.: Колос, 1965. С. 26-31.
4. *Ахтырцев Б.П., Шевченко Г.А.* Изменение агрохимических свойств серых лесных почв Центральной черноземной полосы при их окультуривании // Агрохимия. 1965. № 9. С. 25-36.
5. *Ахтырцев Б.П., Щетинина А. С.* Изменение серых лесных почв Среднерусской степи в процессе сельскохозяйственного освоения. Саранск: Изд-во Мордовск. ун-та. 1969. 162 с.
6. *Босак В.Н.* Органические удобрения. Пинск: ПолескГУ 2009. 256 с.
7. *Будажатоев М.Ж.* Изменение состояния гумусовых соединений серой лесной и каштановой почв Забайкалья под влиянием минеральных и органических удобрений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2009. 21 с.
8. *Володарская И.В., Канзыга С.О., Завьялова Н.Е.* Использование показателей фракционно-группового состава и оптических свойств гумуса для обоснования результатов системного изучения агрогенной трансформации органического вещества (по исследованиям в длительных опытах на средне- и тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах) // «Методы исследований органического вещества почв». М.: Россельхозакадемия — ГНУ ВНИПТИОУ 2005. С. 86-101.
9. *Ганжара Н.Ф.* Факторы, обуславливающие уровни стабилизации содержания и запасов гумуса в почвах. В кн.: Органическое вещество и плодородие почв. М., 1983. С. 13-23.
10. *Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А.* Использование показателей гумусового баланса для оценки допустимых эрозионных потерь почвы. В кн.: Почвоведение: аспекты, проблемы, решения // Научные труды ПИ им. В.В. Докучаева. М., 2003. С. 609-618.
11. *Гришина Л.А.* Гумусообразование и гумусное состояние почв // М.: Изд-во МГУ, 1986. 23 с.
12. *Долотов В.А.* Влияние культурной растительности на почву // Ботанический журнал. 1963. Т. 48. № 10. С. 1495-1499.
13. *Доспехов Б.Л.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.Л. Доспехов. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др.* Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА. 1993. 96 с.
15. *Когут Б.М.* Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1998. № 7. С. 794-802.
16. *Костина Ю.Н.* Динамика органического вещества серых лесных почв при земледельческом использовании: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во МСХА, 2001. 19 с.

17. Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: ВНИИА, 2009. 49 с.

18. Лыков А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья (актуальность и состояние проблемы, рабочие гипотезы исследований, сопряженность агрономических и экологических функций, динамика в агроценозах, принципы моделирования и технологии воспроизводства) / А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков. М.: Россельхозакадемия — ГНУ ВНИПТИОУ 2004. 630 с.

19. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ 2001. 689 с.

20. Рамазанов Р.Я. Влияние приемов обработки и удобрений на агрофизические свойства серой лесной почвы (Башкирия) / Р.Я. Рамазанов, Ф.Х. Хазиев, Х.И. Ганиев // Почвоведение. 2001. № 3. С. 338-348.

21. Юскин А.А. Влияние систем удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистых почв Среднего Предуралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ижевск: ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2009. 19 с.

22. Шарков И.Н. Удобрения и проблема гумуса в почвах // Почвоведение. 1987. № 11. С. 70-79.

## AGROGENIC TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER IN LIGHT-GRAY SOIL WITH SANDY-LOAM TEXTURE (ACCORDING TO THE LONG-TERM EXPERIMENT RESULTS)

V.I. TITOVA<sup>1</sup>, Z.S. ARTEMIEVA<sup>2</sup>, A.M. ARKHANGELSKAYA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Nizhny Novgorod State Agricultural Academy,  
<sup>2</sup> RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev)

*The dynamics of organic matter content in light-gray soil with sandy loam texture was investigated under the conditions of long-term experiment. long-term application of fertilizers has been shown to favour humus accumulation in the soil. Maximum beneficial effect has been revealed on the plot where cattle manure including bedding material was regularly applied: humus content is rising, its quality is improving (mobility of humic acids is reducing, humification degree of organic matter is increasing, the magnitude of humic acid fulvic acid ratio is going up, initially fulvic type of humus transforms into humic one).*

*Key words: soil organic matter, humic acids, fulvic acids, organic fertilizers, mineral fertilizers, long-term field experiment.*

**Титова В.И.** — д. с.-х. н, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» (603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, НГСХА; e-mail: titovavi@ya.ru).

**Артемьева З.С.** — д. б. н., профессор кафедры экологии ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: artemyevazs@mail.ru).

**Архангельская А.М.** — аспирант кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» (603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, НГСХА; e-mail: a\_lena\_arhangel'sk@mail.ru).